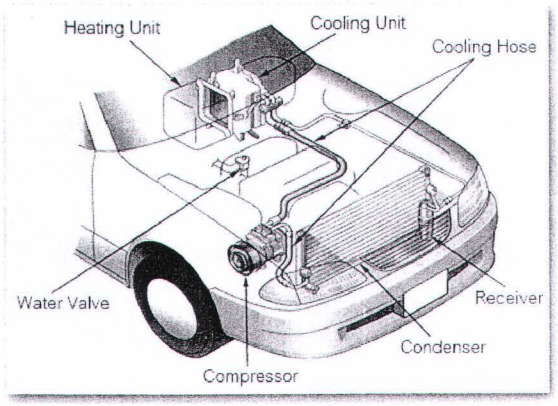
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบระบายความร้อน

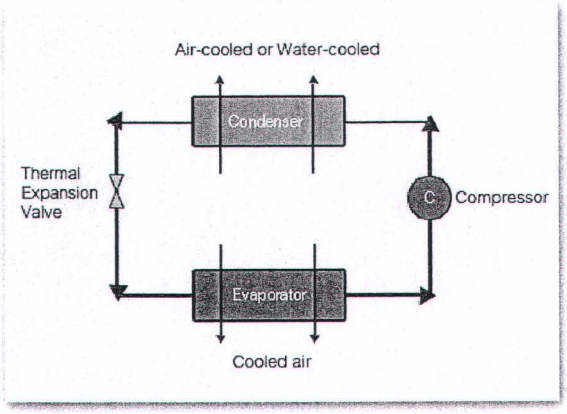
ระบบแอร์รถยนต์ คือ ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณลมในห้องโดยสารเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีแก่ผู้โดยสาร การทำความเย็นของระบบปรับอากาศจะอาศัยหลักการระเหยของสารทำความเย็น และ เนื่องจากสารทำความเย็นมีราคาแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไป จะทำให้เกิดผลเสียกับสภาพแวดล้อม เมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบระบายแอร์ในรถยนต์

หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหย หรืออัดไอ (Press) โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่อัดนี้ ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย จึงต้องมีวิธีการระบายความร้อนนี้ออกไปโดยอาจจะใช้อากาศ (Air-cooled) หรือ น้ำ (Water-cooled) ในการระบายความร้อนก็ได้

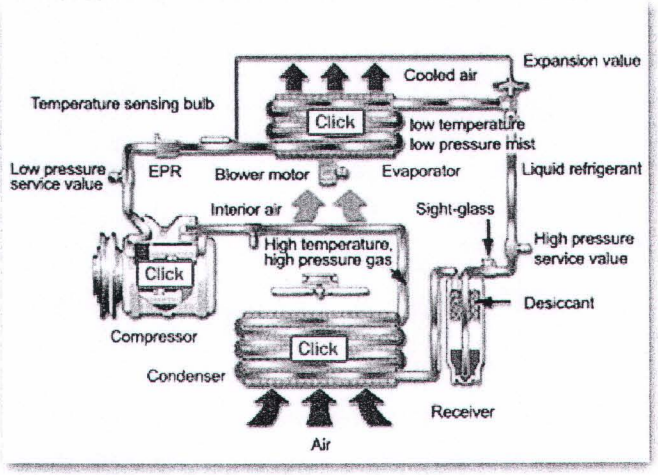
เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้ง จะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดัน สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก มักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วาล์วลดความดัน (Thermal Expansion Valve) หรือบางทีการใช้ขดท่อทองแดงเล็กๆ (Capillary Tube) ที่ให้ค่าแรงเสียดทานที่พอเหมาะ ก็ใช้ในการปรับลดความดันนี้ได้ดี ซึ่งจากที่กล่าวมานี้สามารถแสดงด้วยวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรการทำความเย็น

2.2 วงจรทำความเย็นของแอร์รถยนต์

วงจรการทำความเย็นของแอร์รถยนต์ ประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ หรือบางทีเรียกว่าคอยล์ร้อน, ตัวดูดความชื้น, วาล์วลดความดัน และ อีวาโปเรเตอร์หรือคอยล์เย็น สารทำความเย็นจะถูกไหลเวียนอยู่ในระบบ โดยอีวาโปเรเตอร์หรือคอยล์เย็นจะทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากห้องโดยสารและปล่อยออกนอกรถโดยคอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน



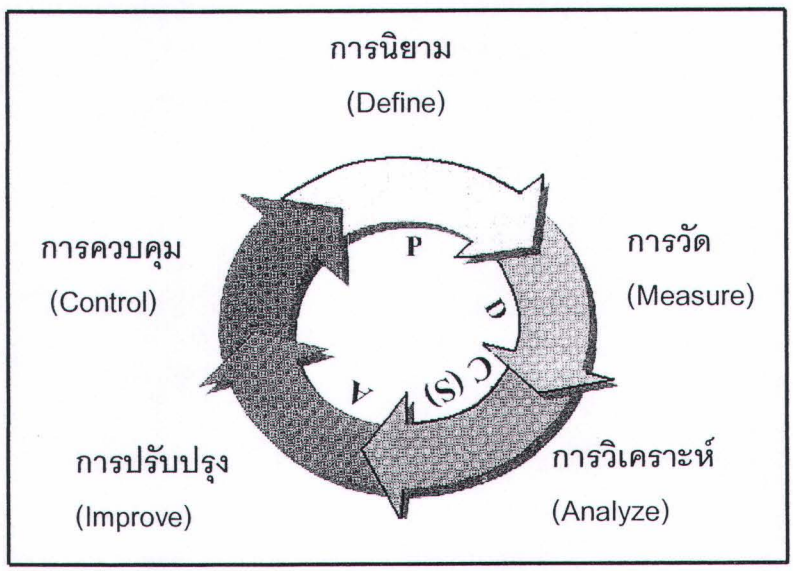
รูปที่ 2.3 วงจรการไหลของสารทำความเย็นภายในวงจรทำความเย็น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.3 ตัวแบบซิกซ์ ซิกม่า

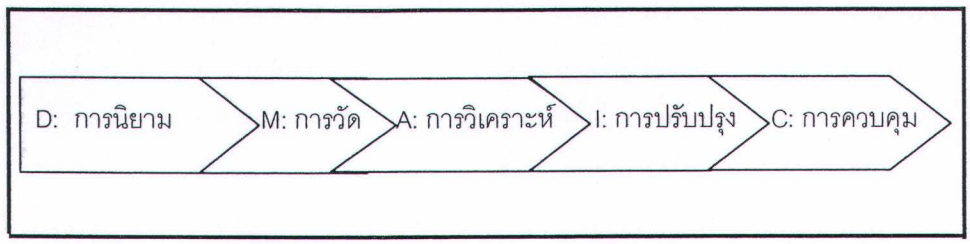
ตัวแบบ ซิกซ์ ซิกมา (DMAIC: Define – Measure – Analyze – Improve – Control) ในการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการนั้น มีขั้นตอนพื้นฐาน 5 ขั้นด้วยกันคือ การนิยาม (Define: D) การวัด (Measure: M) การวิเคราะห์ (Analyze: A) การปรับปรุง (Improve: I) และการควบคุม (Control: C) [DMAIC] โดยอาศัยฐานของวงจรการควบคุมคุณภาพของเดมมิ่ง (Deming) คือ วางแผน (Plan: P) ดำเนินการ (Do: D) ตรวจสอบหรือศึกษา (Check or Study: C or S) และปรับปรุง (Action: A) [PDC (S) A] ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ในแนวทัศนะซิกซ์ ซิกมานั้น DMAIC ใช้เทคนิควิธีที่จะบรรลุเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อบ่งชี้แหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนและกำหนดแนววิธีในการกำจัดความคลาดเคลื่อนเหล่านั้น เรียกกันโดยทั่วไปว่า "องค์การซิกซ์ ซิกมา (six sigma organizations)" สำหรับคนทั่วไปเรียกกันว่า "โครงการซิกซ์ ในการนี้ กระบวนการมี 3 ยุทธศาสตร์หลักเพื่อนำไปสู่สัมฤทธิผล ได้แก่ การออกแบบกระบวนการ/ การออกแบบใหม่ การจัดการกระบวนการ และการปรับปรุงกระบวนการ



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของวงจรตัวแบบของซิกซ์ ซิกม่าและวงจรการควบคุมคุณภาพของเดมมิ่ง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 5 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 246604
เลขเรียกหนังสือ



รูปที่ 2.5 DMAIC: แผนที่เส้นทางการแก้ปัญหาตามกระบวนการ 5 ขั้นของซิกซ์ ซิกมา

D นิยามขอบข่ายและเป้าหมายของโครงการปรับปรุงในพจน์ของความปรารถนาของลูกค้า และกระบวนการที่ตอบสนองความต้องการเหล่านั้น ปัจจัยนำเข้าผลผลิตส่งออก การควบคุม และทรัพยากร

M การวัดการปฏิบัติการในกระบวนการปัจจุบัน ปัจจัยนำเข้า ผลผลิตส่งออก และกระบวนการ และคำนวณสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้นและระยะยาว

A การวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างการปฏิบัติการในปัจจุบันกับที่ปรารถนา ลำดับความสำคัญของปัญหา และบ่งชี้สาเหตุที่เป็นรากของปัญหา กำหนดเกณฑ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานสำหรับทำการเปรียบเทียบ (benchmarking) สมรรถนะของกระบวนการผลิต/บริการ

I การปรับปรุงผลเพื่อแก้ปัญหา และป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ ทำให้บรรลุเป้าหมาย

C การควบคุมกระบวนการปฏิบัติการให้คงไว้ซึ่งคุณภาพของผลผลิตตามมาตรฐานที่กำหนดในการนี้ จำเป็นต้องใช้กระบวนการควบคุมทางสถิติ (SPC)

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนของกระบวนการ ซิกซ์ ซิกมา กิจกรรมที่ดำเนินงาน และเครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ	เครื่องมือต่าง ๆที่นิยมนำมาใช้
Define	- แต่งตั้งทีมงาน - หาความต้องการลูกค้า/ องค์กร - ตั้งเป้าหมาย	- New 7 Tools - Quality Function Deployment (QFD) - Process Mapping - การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) - วิศวกรรม/การวิเคราะห์คุณค่า (VA/VE) - ผังพาเรโต - การระดมสมอง (Brainstorming) - Technique - การเปรียบวัด (Benchmarking) - ต้นทุนคุณภาพ
Measure	- วัดขั้นตอน input ที่สำคัญ - รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พิสูจน์ปัญหา	- ผังควบคุม (Control Chart) - ผังพาเรโต - Run chart - Process Mapping - Gage R&R - Check Sheets - Box plot - ดัชนีวัดผลงาน (KPI , Balanced Scorecard)
Analyze	- พิสูจน์ปัญหา - หาต้นตอของความแปรปรวน	- การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis) - การออกแบบการทดลอง (DOE)

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนของกระบวนการ ซิกซ์ ซิกมา กิจกรรมที่ดำเนินงาน และเครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้ (ต่อ)

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ	เครื่องมือต่าง ๆที่นิยมนำมาใช้
Analyze (ต่อ)		- การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ Cp Cpk - การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) - New 7 Tools - วิศวกรรม/การวิเคราะห์คุณค่า (VA/VE) - ผังก้างปลา (Cause &Effect diagram) - แผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis) - การวิเคราะห์จุดที่ติดขัด (Theory of Constrain) - การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation Analysis) - การจำลองกระบวนการ (Process Simulation) - ANOVA - การทดสอบสมมติฐาน
Improve	- กำหนดวิธีกำจัดต้นตอของสาเหตุและนำไปดำเนินการ - ทดสอบการดำเนินการจัดทำมาตรฐานของผลการดำเนินการ	- การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) - New 7 Tools - การออกแบบการทดลอง (DOE) - Evolutionary operations(EVOP) - การจำลองกระบวนการ (Process Simulation)

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนของกระบวนการ ซิกซ์ ซิกมา กิจกรรมที่ดำเนินงาน และเครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้ (ต่อ)

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ	เครื่องมือต่าง ๆที่นิยมนำมาใช้
Improve (ต่อ)	- กำหนดวิธีกำจัดต้นตอของสาเหตุและนำไปดำเนินการ - ทดสอบการดำเนินการ - จัดทำมาตรฐานของผลการดำเนินการ	- การป้องกันข้อผิดพลาด (Mistake proofing, Poka-Yoke) - การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) - New 7 Tools - การออกแบบการทดลอง (DOE) - Evolutionary operations(EVOP) - การจำลองกระบวนการ (Process Simulation) - การป้องกันข้อผิดพลาด (Mistake proofing, Poka-Yoke) -
Control	- จัดทำแผนควบคุม (Control plan) - เฝ้าติดตามการดำเนินการ	- การป้องกันข้อผิดพลาด (Poka-Yoke) - ผังควบคุม (Control Chart) - การควบคุมด้วยกระบวนการทางสถิติ (SPC) - การวิเคราะห์ความสามารถ

2.4 การควบคุมคุณภาพทางวิศวกรรม

การควบคุมคุณภาพ คือการบริหารงานในด้านการควบคุมวัตถุดิบ และการควบคุมการผลิตเพื่อเป็นการป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จออกมามีข้อบกพร่องและเสียหายได้ (เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทราฟองกุล และดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2522) ซึ่งคำว่า คุณภาพ คือความถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ทั้งข้อกำหนด และมาตรฐาน ซึ่งหลักใหญ่ของเทคนิคการสร้างคุณภาพจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนและกำหนดเป้าหมายในการปฏิบัติไว้อย่างชัดเจน ด้วยการรวบรวมข้อมูลมาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การตัดสินใจ ซึ่งเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลมีอยู่ 7 อย่าง (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2535)

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) กล่าวว่าในความเป็นจริงไม่มีสิ่งใดในโลกที่จะเหมือนกันทุกประการ แม้แต่กระบวนการผลิตในโรงงานก็จะพบว่า ชิ้นงานที่ผลิตตามกัน ออกจากเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน ใช้คนคนเดียวกัน และในเวลาไล่เลี่ยกัน ก็จะไม่มีชิ้นงานใดที่มีขนาดหรือคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ ชิ้นงานทีมีคุณสมบัติผิดจากมาตรฐานที่กำหนดก็จะถูกคัดออกไปเป็นของเสีย และชิ้นงานที่อยู่ในค่าพิกัดความเผื่อหรือข้อกำหนดทางเทคนิคตามมาตรฐาน ก็จะถูกจัดว่าเป็นของดี สาเหตุคือ การแปรผัน (Variation) ในกระบวนการผลิต ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยสำคัญ 6 อย่างคือ

1. ความบกพร่องที่เกิดจากการกระทำของบุคคล (Man-Made Error) เกิดจากการขาดความชำนาญ ซึ่งสามารถแก้ไขความบกพร่องดังกล่าวได้ด้วยการส่งพนักงานเข้ารับฝึกอบรม

2. เครื่องจักรกล (Machinery) เกิดจากการสึกหร่อเนื่องจากการใช้งาน แก้ไขโดยการซ่อมบำรุง

3. วิธีการทำงาน (Method of Work) ภายใต้กระบวนการผลิตเหมือนกัน แต่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานแตกต่างกัน แก้ไขโดยการสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงาน

4. วัตถุดิบ (Material) แตกต่างกัน เพราะมาจากต้นต่อที่แตกต่างกัน แก้ไขโดยการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ

5. เครื่องมือวัด (Measurements) เกิดความคลาดเคลื่อน แก้ไขโดยการสอบเทียบเครื่องมือ

6. สภาพสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment) ไม่คงที่ แก้ไขโดยการควบคุม เช่น อุณหภูมิไม่คงที่ แก้ไขได้ด้วยการติดตั้งระบบปรับอากาศ หรือว่าความชื้นสูง แก้ไขด้วยการติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้น เป็นต้น

การแปรผัน (Variation) ในกระบวนการผลิต มีทั้งที่เราสามารถควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ ซึ่งในสิ่งที่เราสามารถควบคุมได้ เราก็จะควบคุม เพื่อให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นหลักการของการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และเพื่อให้ของเสียหรือข้อบกพร่องลดลง ขั้นตอนการควบคุมคุณภาพมีดังต่อไปนี้

1. ระบุตัวปัญหาให้ชัดเจน
2. การสำรวจหรือการสังเกตหาลักษณะจำเพาะของปัญหา
3. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
4. การกำจัดสาเหตุของปัญหา
5. การตรวจสอบเพื่อสร้างความมั่นใจว่าปัญหานั้นได้รับการป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ
6. การจัดทำมาตรฐานการป้องกันปัญหาให้เป็นมาตรฐานปฏิบัติ
7. การสรุปผล

ในการควบคุมคุณภาพ ต้องอาศัยการควบคุมกระบวนการผลิตโดยใช้กลวิธีทางสถิติ (Statistical Process Control; SPC) เป็นเครื่องมือที่ใช้แก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ให้กระบวนการผลิตไม่เปลี่ยนแปลงและมีสมรรถภาพสูงขึ้น ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools) ดังต่อไปนี้ ใบตรวจสอบ (Check Sheet), ฮิสโทแกรม (Histogram) หรือแผนภาพลำต้นและใบไม้ (Stem and Leaf Diagram), แผนภาพพาเรโต (Pareto Chart), แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram), แผนภูมิควบคุม (Control Chart), แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) และกราฟ (Graph) คาโอรุ อิชิกาวา ได้เป็นผู้ให้นิยามเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง แต่เขาไม่ได้เป็นผู้พัฒนาทุกเครื่องมือ เขาเชื่อว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาสามารถแก้ไขได้ โดยการประยุกต์เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง แผนภูมิควบคุมน่าจะเป็นเครื่องมือที่มีความซับซ้อนมากที่สุด โดยเครื่องมือควบคุมคุณภาพมีหน้าที่คือ

1. ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ ใบตรวจสอบ
2. ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ฮิสโทแกรม แผนภาพพาเรโต แผนผังก้างปลา แผนภาพการกระจาย และแผนภูมิควบคุม
3. ใช้ในการแสดงผลของข้อมูลคือ ฮิสโทแกรม และกราฟ

ทั้งนี้ในการใช้เครื่องมือทั้ง 7 อย่าง จะต้องคำนึงถึงลักษณะ ชนิดของข้อมูลที่ได้ รวมถึงความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้การวิเคราะห์ที่ได้ใกล้เคียงกับความจริง และเกิดความถูกต้องมากที่สุด จึงจะสามารถนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์กรที่ประยุกต์ SPC จะทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของ แต่ละหน่วยงานเกิดการปรับปรุง

คุณภาพและผลิตผล (Quality and Productivity) อย่างต่อเนื่อง โดยสภาพแวดล้อมดังกล่าวพัฒนาโดยผู้บริหาร เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง มีดังต่อไปนี้

1. ใบตรวจสอบ

ใบตรวจสอบ (Check Sheet) เป็นเครื่องมือตัวแรกในการแก้ปัญหา ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้น ณ เวลาที่สนใจในสถานที่ที่ต้องการศึกษา โดยผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตจะเป็นผู้บันทึก ใบตรวจสอบข้อมูลนั้นมีหลายประเภท ทั้งนี้ก็เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ตลอดจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ขั้นตอนเริ่มต้นในการเก็บข้อมูลคือ การออบแบบแผ่นบันทึกข้อมูล (Data Sheet) ไว้ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งที่เป็นตัวเลขและไม่เป็นตัวเลข แผ่นบันทึกข้อมูลที่ได้จะได้จากประสบการณ์จากการทำงานจริง จากนั้นจึงออกแบบเป็นใบตรวจสอบ (Check Sheet) ซึ่งต้องมีองค์ประกอบคือ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ผู้ตรวจสอบ วันและเวลาที่ตรวจสอบ จำนวนตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบ และตารางหรือรูปแบบแสดงข้อมูล เป็นต้น การออบแบบใบตรวจสอบที่เหมาะสมต้องเก็บข้อมูลได้รวดเร็ว ง่าย และไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลได้อย่างชัดเจน นอกจากนั้นในการออกแบบยังต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญต่อการควบคุมกระบวนการ เพื่อที่จะสามารถเก็บข้อมูลได้ตรงตามความต้องการจริง

<u>ประโยชน์ของใบตรวจสอบ</u>

1. ช่วยให้ผู้ตรวจสอบบันทึกผลการตรวจสอบได้สะดวก เพราะการออกแบบใบตรวจสอบจะต้องคำนึงถึงความสะดวกของผู้ใช้ เช่น กรอกตัวเลขลงในช่องว่างที่มีข้อความกำกับไว้แล้ว ทำให้ไม่ต้องเขียนข้อความให้เสียเวลาอีก เป็นต้น

2. ช่วยในการตรวจสอบหรือสรุปผลการจริงสอบรวดเร็วยิ่งขึ้น เพราะใบตรวจสอบจะทำให้ผู้ตรวจสอบทราบว่าต้องตรวจสอบอะไร ใบตรวจสอบที่ดีจะช่วยชี้แนะการตรวจสอบ และกำหนดลำดับขั้นการตรวจสอบ และกำหนดลำดับขั้นการตรวจสอบ ซึ่งจะทำให้การตรวจสอบรวดเร็ว

3. ทำให้การสื่อข้อความและการตัดสินใจในการดำเนินงานควบคุมคุณภาพเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ใบตรวจสอบจะช่วยลดขั้นตอนที่ยืดยาวอันนั้นจะทำให้เกิดความสับสนหรือไขว้เขว ทำให้การตัดสินใจและการดำเนินการอาจเกิดความผิดพลาดได้ การใช้ใบตรวจสอบจะทำให้การตีความหรือสรุปผลการตรวจสอบ เพื่อเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจในงานควบคุมคุณภาพทำได้รวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจเพื่อการดำเนินการที่ถูกต้อง

4. ทำให้การตรวจจสอบเป็นไปอย่างมีระบบ เนื่องจากใบตรวจสอบจะช่วยกำหนดประเด็นที่จะตรวจสอบได้ ซึ่งผู้ตรวจต้องตรวจสอบรายการตามที่กำหนดไว้ในใบตรวจสอบ ทำให้ข้อมูลที่ได้

อยู่ในแนวที่ต้องการ แม้ว่าผู้ตรวจสอบจะเป็นคนละคนก็ตาม แต่การดำเนินงานยังคงต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดระบบงานที่ดี

ชนิดของใบตรวจสอบ

ใบตรวจสอบการผลิต ใบตรวจสอบประเภทนี้จะมีช่องให้ผู้ตรวจสอบบันทึกค่าต่างๆ ของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นที่สามารถนับจำนวนข้อบกพร่องหรือรอบตำหนิได้ หรือสามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขได้ เพื่อพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก ความแข็ง ความเหนียว และความเค้น เป็นต้น ค่าที่วัดได้ของผลิตภัณฑ์จะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากเกิดความแปรผัน ดังนั้นจึงมักจะทำการวัดผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ ครั้งละหลายๆ ชิ้น การใช้ใบตรวจสอบจะช่วยให้การบันทึกและการวิเคราะห์ผลทำได้รวดเร็วและง่ายยิ่งขึ้น

1. ใบตรวจสอบตำแหน่งบกพร่อง ใบตรวจสอบประเภทนี้จะเป็นภาพร่างหรือภาพวาดรายละเอียดของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานนั้น เนื่องจากชิ้นงานบางอย่างมีข้อบกพร่องบริเวณภายนอก ใบตรวจสอบตำแหน่งบกพร่องใช้ชี้ตำแหน่งข้อบกพร่องชิ้นงาน เมื่อพบข้อบกพร่องก็จะทำตำหนิลงบนตำแหน่งที่พบข้อบกพร่องนั้น

2. ใบตรวจสอบของเสียหรือข้อบกพร่อง มักจะใช้กับการผลิตที่อาจเกิดของเสียหรือข้อบกพร่องขึ้นกับผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆ หลายๆ ลักษณะ ดังนั้นผู้ผลิตจึงอาศัยประสบการณ์ในการออกแบบ และกำหนดของเสียและข้อบกพร่องต่างๆ ในใบตรวจสอบ

3. ใบตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ใช้บันทึกความสัมพันธ์ของพนักงาน เครื่องจักร วันทำการผลิต ช่วงเวลา และชนิดของข้อบกพร่อง ดังนั้นเมื่อมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น ผู้ตรวจสอบสามารถเชื่อโยงสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้จากการกระจุกของสัญลักษณ์

4. ใบตรวจสอบความเรียบร้อย ใช้กับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่มีรายการตรวจสอบหลายประการ เช่น การตรวจสอบความพร้อมก่อนทดสอบ โดยวางรูปแบบของใบตรวจสอบ ต้องสอดคล้องกับขั้นตอนการตรวจสอบตามสภาพความเป็นจริง

5. ใบตรวจสอบอื่นๆ นอกจากใบตรวจสอบทั้ง 5 แบบดังกล่าวแล้ว ในอุตสาหกรรมจะพบใบตรวจสอบในลักษณะอื่นๆ ได้อีก ซึ่งใบตรวจสอบนั้นจะมีลักษณะเฉพาะของตัวเอง หรือมีลักษณะผสมกันระหว่างใบตรวจสอบทั้ง 5 แบบ เพราะต้องประยุกต์หรือดัดแปลงใบตรวจสอบให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละอุตสาหกรรม

ข้อแนะนำในการใช้ใบตรวจสอบ

1. กำหนดและใช้ใบตรวจสอบให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการตรวจสอบ
2. (ใบตรวจสอบ) ต้องให้รายละเอียดมากพอที่จะช่วยการตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพ

3. ควรมีการแบ่งหมวดหมู่ข้อมูลที่ต้องการศึกษา ตามกลุ่มของคนงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ ผลัด วัน เวลา และรุ่นที่ผลิตอย่างชัดเจน เพื่อให้การสืบค้นและการวิเคราะห์สาเหตุของของเสียหรือข้อบกพร่องทำได้สะดวก รวดเร็ว และเป็นระบบ

4. ใช้งานได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก และไม่ซับซ้อน เพื่อป้องกันความไขว้เขวหรือความสับสนต่อผู้ตรวจสอบ ในใบตรวจสอบที่ดีควรจะช่วยให้ผู้ตรวจสอบทำงานได้ดี ไม่ตกหล่นในรายละเอียด

5. ควรมีระเบียบในการใช้ใบตรวจสอบ เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนเมื่อมีใบตรวจสอบหลายรูปแบบ

2. ฮิสโทแกรม

เป็นแผนภูมิที่แสดงความถี่ของสิ่งที่เกิดขึ้น ในลักษณะกราฟแท่งสี่เหลี่ยม เพื่อแจกแจงข้อมูล (Data Stratification) อันเป็นแนวทางสู่การแก้ไขปัญหาและการปรับปรุง ซึ่งจากการแจกแจงข้อมูลทำให้ทราบถึงคุณสมบัติใดๆ ของข้อมูลที่ต้องการ

ขั้นตอนในการจัดทำฮิสโทแกรม ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูล และกำหนดช่วงที่ต้องการของข้อมูล โดยกำหนดค่าแต่ละช่วง เพื่อให้ครอบคลุมค่าของข้อมูลที่เก็บได้ จากนั้นแจงข้อมูลตามช่วงที่กำหนด เพื่อดูความถี่ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในช่วงต่างๆ

การรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องเหมาะสม เป็นกิจกรรมที่จำเป็นในขั้นต้น เพื่อที่จะช่วยให้ทราบถึงปัญหา ในการที่จะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหานั้นได้อย่างถูกต้องต่อไป (วิทย์ วรรณจิตร, 2547)

3. แผนภูมิพาเรโต

อัลเฟรโด พาเรโต (พ.ศ. 2391-2466) เป็นนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาเลียน ได้แสดงผลการวิจัยของเขา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายรายได้ของประชากรในยุโรป พบว่ารายได้มากอยู่ในมือของประชากรกลุ่มน้อย ขณะที่รายได้น้อยจะอยู่ในมือของประชากรส่วนใหญ่

โจเซฟ จูราน (พ.ศ. 2535) เป็นนักเศรษฐศาสตร์ชาวอเมริกัน ยอมรับแนวความคิดดังกล่าวนี้ว่าสามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายสาขาวิชา และจูรานยังได้สร้างวลีที่ว่า “ประเภทน้อยชนิดแต่มีมาก และประเภทมากชนิดแต่มีน้อย (Vita Few and Trivial Many)

จูรานแนะนำให้ใช้ตัวเลขหยาบๆ กับการตัดสินใจในหลักการพาเรโต (Pareto Principle) คือ “80-20” ซึ่งหมายความว่า “ปัญหาหรือความสูญเสียที่มีความสำคัญมากจำนวน 80% มักจะมีสาเหตุมาจากประมาณ 20% ของสาเหตุทั้งหมด (The Vital Few) ในขณะที่อีกประมาณ 80%

ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวน 20% ของปัญหาเท่านั้น (The Trivial Many)"

แผนภูมิพาเรโตจะช่วยแสดงมูลเหตุที่สำคัญที่สุดของข้อมูลที่ได้มาจากการรวบรวมใบตรวจสอบ แล้วจำแนกข้อมูลนั้นออกเป็นหมวดหมู่ตามสาเหตุต่างๆ จากนั้นทำการจัดลำดับข้อมูลที่มีความถี่สูงที่สุดไปจนถึงต่ำที่สุดจากซ้ายไปขวา โดยแกน y มี 2 แกนคือ แกนซ้ายมือแทนความถี่ (เช่น จำนวนจุดบกพร่อง จำนวนข้อเรียกร้อง หรือจำนวนอุบัติเหตุ เป็นต้น) และแกนขวามือแทนเปอร์เซ็นต์ แกน x แทนสาเหตุ (เช่น ในเรื่องปัญหาของจุดบกพร่อง อาจจำแนกจากสาเหตุได้จาก พนักงาน เครื่องจักรกล วิธีการทำงาน หรือชนิดของวัตถุดิบ เป็นต้น) แผนภูมิพาเรโตแตกต่างจากแผนภูมิฮิสโทแกรมตรงที่แกนนอนของแผนภูมิพาเรโตเป็นประแภทของข้อมูล แต่แกนนอนของฮิสโทแกรมเป็นตัวเลข

<u>ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต</u>

1. ตัดสินใจว่าจะศึกษาปัญหาอะไร และแยกสาเหตุของการเกิดปัญหา
2. ออกแบบใบบันทึกข้อมูล (กำหนดช่วงเวลา ระยะเวลา และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล)
3. ทำการจดบันทึก (ในช่วงเวลาที่กำหนด) จากสถานที่ที่ต้องวิเคราะห์ปัญหา และคำนวณหายอดรวมและเปอร์เซ็นต์สะสมของแต่ละสาเหตุที่ได้จากการจำแนกข้อมูล
4. เขียนแกนนอนและแกนตั้ง แกนนอนเขียนจากสาเหตุที่มีความถี่สูงไว้ด้านซ้าย และสาเหตุที่มีความถี่ต่ำไว้ทางด้านขวา โดยต้องให้แท่ง "อื่นๆ" (ความถี่ไม่ควรเกิน 20% ของเปอร์เซ็นต์สะสม) อยู่ด้านขวาสุด ส่วนแกนตั้งเขียนแกนความถี่และเปอร์เซ็นต์

ถ้าหากว่าแกนจำนวนและแกนเปอร์เซ็นต์เกี่ยวข้อกับจำนวนเงิน ก็สามารถที่จะใช้แกนตั้งเป็นจำนวนเงินได้ทันที ซึ่งรวมแกนเปอร์เซ็นต์เป็น 100% ที่มีความสูงเท่ากับจำนวนเงินทั้งหมดหรือความถี่ทั้งหมด

5. เขียนกราฟแท่งที่มีความกว้างเท่ากัน (กราฟแท่งควรมีประมาณ 6-10 แท่งเท่านั้น) และลากเส้นความถี่สะสมจากซ้ายไปขวา

การประยุกต์ใช้แผนภูมิพาเรโตในการเลือกที่จะแก้ปัญหาหรือสาเหตุ ข้อมูลทางสถิติจะเป็นตัวตัดสินใจให้เลือกแก้ปัญหาหรือสาเหตุทั้งหมดที่อยู่ในช่วงเปอร์เซ็นต์สะสมประมาณ 80%

แผนภาพพาเรโตเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในการชี้เฉพาะสาเหตุแห่งปัญหา

4. แผนผังก้างปลา

แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram) หรือเรียกว่าแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) หรือผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) พัฒนาโดย คาโอรุ อิชิการา ในปี พ.ศ. 2496 เนื่องจากเขาต้องการพัฒนาเครื่องมือช่วยกลุ่มกิจกรรมคุณภาพ (Quality Circles) ในโรงงาน เพื่อรับมือกับสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะคุณภาพของกระบวนการผลิต แผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการพิจารณาสาเหตุ (Cause) ที่มีผล (Effect) โดยตรงกับลักษณะคุณภาพ (Quality Characteristic) ของปัญหาที่สนใจศึกษา (จำนวนแผนผังก้างปลาจะเท่ากับจำนวนลักษณะคุณภาพที่ศึกษา)

เนื่องจากผลคือ ลักษณะคุณภาพที่ต้องการปรับปรุง ดังนั้นผังก้างปลาคือ แผนผังที่ใช้สำหรับการตรวจสอบว่าถ้าลักษณะคุณภาพไม่ดีแล้ว สาเหตุไหนที่ต้องถูกกำจัด เพื่อให้ลักษณะคุณภาพที่น่าสนใจออกมาดี หรือถ้าลักษณะคุณภาพดีแล้ว สาเหตุใดที่ส่งผลให้ลักษณะคุณภาพดี ซึ่งต้องเรียนรู้เพื่อรักษาสาเหตุนั้นไว้ แผนผังก้างปลา (เส้นและสัญลักษณ์ที่มีรูปแบบคล้ายก้างปลา) แทนความสัมพันธ์อย่างมีนัยระหว่างสาเหตุและลักษณะของคุณภาพ จะประกอบด้วย กระดูกสันหลัง (Back Bone) เป็นเส้นตามแนวนอนที่เชื่อมต่อระหว่างสาเหตุหลักและลักษณะคุณภาพ ก้างปลาหลัก (Big Bone) เป็นเส้นที่มีความชันที่เชื่อมต่อกระดูกสันหลังกับสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อย (Small Bone) เป็นเส้นที่เชื่อมต่อสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย

<u>ขั้นตอนการสร้างแผนผังก้างปลา</u>

1. สร้างคณะทำงานโดยรวบรวมบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อการระบุปัญหาและการระดมความคิด (Brainstorming) ที่เกี่ยวข้องลักษณะคุณภาพ ในการระดมความคิดควรเขียนปัญหา (ลักษณะคุณภาพ) ลงบนกระดานดำหรือกระดาษขนาดใหญ่เพื่อกันหาย และเขียนปัญหาบนผังก้างปลาด้านขวาของลูกศรที่แทนกระดูกสันหลังของปลา

2. ระบุสาเหตุหลัก และเขียนบนผังก้างปลาด้านซ้ายบนก้างปลาหลัก (ก้างปลาใหญ่) ซึ่งมีหัวลูกศรชี้เข้ากระดูกสันหลัง ในการระบุสาเหตุหลักอาจประยุกต์ผังพาเรโต ซึ่งได้ระบุสาเหตุหลักของปัญหาไว้แล้ว แต่ถ้าไม่สามารถประยุกต์ ให้กำหนดสาเหตุโดยวิธีการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุแทน สาเหตุหลักที่สำคัญมี 6 ประการคือ คน วัตถุดิบ วิธีการทำงาน สภาพแวดล้อม เครื่องจักร และเครื่องมือวัด

3. ระบุสาเหตุย่อยทั้งหมด โดยการระดมความคิดบนก้างปลาย่อย (ก้างปลาเล็ก)

4. เขียนโครงสร้างความสัมพันธ์ ควรเขียนสาเหตุที่สำคัญอันดับต้นๆ ไว้ที่เส้นก้างปลา และควรเขียนสาเหตุที่มีความสำคัญถัดลงมาไว้ที่ก้างปลาย่อย โดยทำลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกำกับไว้ด้วย

5. ประมวลผลเพื่อหาข้อสรุป

ผังก้างปลาที่เสร็จสมบูรณ์จะต้องได้รับการประเมินจนพบสาเหตุที่แท้จริง กิจกรรมนี้จะบรรลุผลสำเร็จเมื่อกรรมการเลือกสาเหตุที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพ กรรมการอาจเลือกสาเหตุที่คิดว่าจะมีผลต่อลักษณะคุณภาพมากกว่า 1 สาเหตุ และไม่จำเป็นต้องเลือกสาเหตุที่ตนเสนอ สาเหตุที่ได้รับการคิดเลือกประมาณ 4-5 สาเหตุจะพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความเป็นไปได้ และความต่อต้านจากความเปลี่ยนแปลงจากมติส่วนใหญ่ของกรรมการ จากนั้นจึงแก้ปัญหาจากสาเหตุที่ถูกคัดเลือก เมื่อปัญหาได้รับการแก้ไข จึงจะปรับแก้ผังก้างปลาใหม่ และกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้อง

<u>ประโยชน์ของผังก้างปลาได้แก่</u>

1. เป็นแผนผังที่รวบรวมความคิดเห็นของทุกๆคน เนื่องจากมีการถามคำถามต่อทุกคนว่า “อะไรเป็นต้นเหตุ (สาเหตุ) ที่ทำให้เกิดปัญหา” ด้วยเหตุนี้คนที่เกี่ยวข้องในการสร้างผังก้างปลานี้จะได้ความรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมทั้งคนที่กำลังฝึกงานก็จะได้รับความรู้ในการแก้ปัญหาในงานที่จะต้องทำ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ยิ่งสมาชิกมีความรู้ความสามารถมากเท่าใด ก็จะยิ่งทำให้แผนผังก้างปลาที่สร้างขึ้นสมบูรณ์แบบมากขึ้นเท่านั้น

2. เป็นจุดรวมความคิด การแสดงความคิดเห็น หากสมาชิกแสดงความคิดเห็นเสนอแนวคิดที่ออกนอกประเด็น ปัญหาที่ศึกษา จะทำให้ประสิทธิภาพในการค้นหาสาเหตุลดลง แต่การใช้ผังก้างปลาจะทำให้สมาชิกทุกคนมีจุดรวมในการคิดร่วมกัน เนื่องจากสามารถทราบว่าขณะนี้กำลังอภิปรายกันถึงไหน ส่งผลให้สามารถสรุปข้อคิดเห็นต่างๆ ได้รวดเร็ว

5. แผนภูมิควบคุม

เป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ภายใต้สภาวะควบคุมบนและล่าง โดยแสดงผลเทียบกับเวลาที่ทำการสุ่มตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตขณะนั้น เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการผลิตนั้นอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมหรือไม่ (ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551) กล่าวว่าถ้าหากมีจุดใดจุดหนึ่งตกออกนอกขีดจำกัดควบคุม ก็จะแปลได้ว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกเหนือสภาวะควบคุม แสดงว่าเกิดความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ในทางปฏิบัติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับทุกเครื่องจักรต่อหนึ่งลักษณะคุณภาพที่ต้องการควบคุม

6. กราฟ

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) กล่าวว่า กราฟเป็นส่วนหนึ่งของการทำรายงานต่างๆ ในการนำเสนอข้อมูล ที่สามารถทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่างๆที่ต้องการสื่อสารได้ดี สะดวกต่อการแปลความหมาย และสามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่นๆ ได้ทันทีจากเส้น รูปภาพ แท่งเหลี่ยม และวงกลม โดยในเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง กราฟเป็นเครื่องมือที่ง่ายที่สุด เป็นที่คุ้นเคยมากที่สุด มีโอกาสเห็น และใช้ได้เกือบทุกวัน ประโยชน์ของกราฟมี 4 ประการคือ

1. ใช้วิเคราะห์ข้อมูล กราฟจะแสดงความหมายของตัวเลขออกมา และสามารถชี้ให้เห็นข้อเท็จจริง ซึ่งเราอาจมองข้ามไปได้หากดูจากตัวแลขโดยตรง ดังนั้นกราฟจึงมีประโยชน์มากในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในอดีตและปัจจุบัน เพื่อขุดหาสาเหตุและมาตรการในการแก้ไขปรับปรุง

2. ใช้อธิบาย กราฟช่วยให้อธิบายหรือชี้แจงเรื่องราวหรือเหตุการณ์ให้แก่ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายดีกว่าการอธิบายโดยการใช้ข้อมูลหรือตัวเลขโดยตรง

3. ใช้ควบคุม กราฟที่เขียนแสดงอัตราการหยุดงานหรือของเสียตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง กราฟจะช่วยให้ทราบว่าอะไรต้องควบคุม

4. ใช้บันทึก ข้อมูลที่จัดเก็บสามารถบันทึกเป็นกราฟได้เลย

ภูริพัฒน์ ภูริวรางกูร (2545) กราฟที่นิยมใช้กันแพร่หลายและเป็นที่คุ้นเคยกันดี ได้แก่ กราฟเส้น กราฟแท่ง กราฟวงกลม และกราฟเรดาร์

1. กราฟเส้น ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงหรือสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าข้อมูลตามช่วงเวลาต่างๆ ตามปกติจะให้แกนตั้งแสดงค่าของข้อมูล และแกนนอนแสดงลำดับของค่าเวลา เมื่อโยงค่าของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาด้วยเส้น (ตรงหรือโค้ง) จะได้กราฟเส้นที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าข้อมูลอย่างต่อเนื่องได้

2. กราฟแท่ง ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงการเปรียบเทียบค่าของข้อมูลว่ามีขนาดใหญ่-เล็กหรือปริมาณมาก-น้อยกว่ากัน โดยใช้ความสูงหรือความยาวของแท่งกราฟแทนขนาด หรือปริมาณนั้น

3. กราฟสัดส่วนหรือกราฟวงกลม ใช้ในกรณีที่ต้องการแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างค่าต่างๆ ของข้อมูลชุดหนึ่ง โดยการแบ่งพื้นที่ในวงกลมออกเป็นส่วนๆตามรัศมีให้มีสัดส่วนของพื้นที่ตามสัดส่วนของค่าของข้อมูลแต่ละค่า

4. กราฟรูปแบบอื่นๆ ได้แก่ กราฟรูปภาพ กราฟเรดาร์ กราฟพื้นที่ เป็นต้น

7. แผนภาพการกระจาย

ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยการวาดลงแผนภาพการกระจาย โดยแกนแนวนอนจะเป็นตัวแปรต้น และแกนแนวตั้งจะเป็นตัวแปรตาม ซึ่งจะทำให้เห็นผลว่าทั้ง 2 ตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร หรือผลของตัวแปรหนึ่งมีผลกับอีกตัวแปรหนึ่งอย่างไร (วิทย์ วรรณวิจิตร, 2547)

ภูริพัฒน์ ภูริวรางกูร (2545) กล่าวถึงประโยชน์ของแผนภูมิกระจายได้แก่

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด หรือ 2 ตัว

2. เพื่อตรวจสอบว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงตัวใดตัวหนึ่ง ส่งผลต่ออีกตัวหนึ่งหรือไม่ และแปรผันกันในทิศทางใด

2.5 การบริหารอุตสาหกรรมการผลิต

การควบคุมคุณภาพ คือ การบริหารงานในด้านการควบคุมวัตถุดิบ และการควบคุมการผลิต เพื่อเป็นการป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จออกมามีข้อบกพร่องและเสียหายได้ และอาจเป็นเหตุให้ชื่อเสียงด้านคุณภาพเสื่อมเสีย (ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 2540)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความสูญเสียที่เกิดในอุตสาหกรรมการผลิต

ภูริพัฒน์ ภูริวรางกูร (2545) กล่าวว่า ความสูญเสียในกระบวนการผลิต คือ ค่าใช้จ่ายที่เสียไปในกระบวนการผลิต โดยไม่ได้มีส่วนสนับสนุนกระบวนการผลิตแต่อย่างใด ซึ่งความสูญเสียนั้นอาจจะเกิดได้หลายลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดตวามสูญเสียในกระบวนการผลิต คือ ทรัพยากรการผลิต อันประกอบด้วย

1. ความสูญเสียเนื่องจากคน

อันหมายถึง พนักงานผู้ปฏิบัติงานอันเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต อันเกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1) ทัศนคติและแนวคิด (Attitude) ซึ่งการมีทัศนคติที่ตระหนักถึงความสูญเสีย อันเป็นผลมาจากความรับรู้ การฝึกฝนเพื่อลดความสูญเสียในการทำงาน และการได้รับแรงจูงใจ จะส่งผลให้ความสูญเสียในกระบวนการผลิตลดลง

2) จรรยาบรรณและลักษณะนิสัย (Ethic and Behavior) ซึ่งจะส่งผลต่อความรับผิดชอบของงาน ซึ่งจำเป็นต้องสร้างแรงจูงใจให้แก่พนักงาน ในการบรรลุเป้าหมายด้านผลิตผลของกระบวนการผลิต

2.ความสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรและอุปกรณ์

สามารถเกิดความสูญเสียอันส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต จากสาเหตุสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1) เครื่องจักรและอุปกรณ์ชำรุด ซึ่งสูญเสียความสามารถในการทำงานบางส่วน หรือทั้งหมดส่งผลให้เกิดเหตุขัดข้องในการทำงาน ทั้งเหตุขัดข้องแบบฉุกเฉิน ซึ่งเกิดขึ้นโดยทันทีและไม่ทราบล่วงหน้า และเหตุขัดข้องแบบเสื่อม ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรค่อย ๆ ลดลง รวมถึงการเสื่อมสภาพ การสึกร่อของเครื่องมือ อุปกรณ์

2) เครื่องจักรและอุปกรณ์ถูกนำไปใช้งานผิดประเภท อันส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักร และทำให้มีความสับสนในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรก่อน-หลัง ซึ่งอาจแบ่งเป็น กลุ่มเครื่องจักรหลักได้แก่ เครื่องจักรที่มีความสำคัญสูง ซึ่งถ้าหยุดทำงานจะกระทบต่อกระบวนการผลิตทันที และกลุ่มเครื่องจักรเสริม ซึ่งถ้าเกิดหยุดชะงักจะกระทบต่อกระบวนการผลิตบางส่วนเท่านั้น ซึ่งการแบ่งกลุ่มและกำหนดความสำคัญของเครื่องจักรนี้ จะทำให้สามารถวางแผนและจัดการบำรุงรักษา ใช้งานเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ความสูญเสียเนื่องจากวัตถุดิบ

อาจมีความสูญเสียเนื่องจากปัจจัย อันเป็นคุณลักษณะของวัตถุดิบ ได้แก่

1) คุณสมบัติจำเพาะ (Specific Characteristic) เช่น น้ำหนักจำเพาะ ค่าการนำความร้อนปริมาณความชื้นจำเพาะ ความแข็ง การนำไฟฟ้า เป็นต้น

2) รูปทรง (Shape) และรูปพรรณ (Appearance) ได้แก่ มิติ หรือขนาด รวมถึงคุณสมบัติภายนอกของวัตถุดิบ เช่นลักษณะของผิว สี ความเป็นมันวาว

3) ความสม่ำเสมอของวัตถุดิบ (Consistent)

4. ความสูญเสียเนื่องจากวิธีการทำงาน

หมายถึง กิจกรรมในการเปลี่ยนทรัพยากรการผลิตเป็นผลผลิต หรือกิจกรรมในกระบวนการ ซึ่งวิธีการในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต แตกต่างกันไปตามสถานีการทำงาน ส่งผลให้ เวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานแตกต่างกัน ในแต่ละขั้นตอนการทำงานประกอบด้วยส่วนของการกิจกรรมที่ทำให้เกิดงาน และส่วนเวลาสูญเปล่า รวมถึงกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดงาน ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องมีมาตรฐานการทำงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ

1) การศึกษาการทำงาน โดยพิจารณาขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอน เพื่อศึกษาในการจำแนกการกิจกรรมที่ทำให้เกิดงาน และกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดงานออกจากกัน

2) การสร้างวิธีการทำงาน จากการศึกษางานและจำแนกกิจกรรมในการทำงาน ทำการลดขั้นตอนกิจกรรมที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าลง เพื่อลดความสูญเสียอันเนื่องจากวิธีการทำงานให้น้อยที่สุด

3) การสร้างมาตรฐานในการทำงาน โดยพิจารณาจากวิธีการทำงาน ขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดเป็นมาตรฐานในการทำงานแต่ละขั้นตอน รวมถึงกำหนดเวลามาตรฐาน

4) การฝึกอบรมและให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้นำวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐานไปใช้เป็นลักษณะนิสัย

5. ความสูญเสียเนื่องจากวิธีการตรวจสอบ

ในกระบวนการผลิต จำ เป็นที่ต้องมีวิธีการตรวจสอบ หรือตรวจวัด เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งในการควบคุมความสูญเสียจากวิธีการตรวจสอบจำเป็นต้องมีจุดการตรวจสอบ ได้แก่

1) การตรวจสอบวัตถุดิบ

2) การตรวจสอบเครื่องจักร

3) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จและงานระหว่างทำ

2.6 การควบคุมกระบวนการโดยใช้เทคนิคสถิติ

มีวัตถุประสงค์เพื่อ การศึกษาถึงความสามารถของกระบวนการที่ดำเนินการและแนวโน้มของการดำเนินการว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ (เกิดความผันแปร) เพื่อทราบถึงแนวโน้มและข้อบกพร่อง พร้อมทั้งหาทางปรับแก้ให้กระบวนการกลับสู่สภาพที่ต้องการ โดยความผันแปรที่เกิดขึ้น สามารถแบ่งได้ออกเป็น ความผันแปรแบบธรรมชาติ และความผันแปรแบบไม่ธรรมชาติ

ทั้งนี้ ความผันแปรทั้ง 2 แบบ มีสาเหตุของการเกิดและวิธีการปฏิบัติการแก้ไขที่แตกต่างกันซึ่งความผันแปรแบบไม่ธรรมชาติ เป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ในกระบวนการ และต้องการให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือพยายามขจัดออกไป ให้เหลือแต่ความผันแปรแบบธรรมชาติ เพื่อให้กระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมได้อย่างเป็นสถิติ (เทวินทร์ สิริโชคชัยกุล, 2540)

ตารางที่ 2.4 ชนิดของความผันแปร *(เทวินทร์ สิริโชคชัยกุล, 2540)*

ชนิดของความผันแปร	ลักษณะของกระบวนการ	การปฏิบัติการแก้ไข
ความผันแปรแบบธรรมชาติ	มีความมั่นคง	แก้ไขที่ระบบโดยฝ่ายบริหาร
ความผันแปรแบบไม่ธรรมชาติ	ไม่มีความมั่นคง	แก้ไขที่หน้างานได้โดยพนักงาน

ในการควบคุมความผันแปรของกระบวนการ ความผันแปรแบบไม่ธรรมชาติเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งเทคนิคในการควบคุมกระบวนการทั้งการป้องกัน ทราบถึงประสิทธิภาพกระบวนการ และทำให้เกิดการปรับปรุงแก้ไขอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ แผนภูมิควบคุมซึ่งเลือกใช้ตามชนิดของข้อมูล ลักษณะกระบวนการ และผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.5 ชนิดของแผนภูมิควบคุม (เทวินทร์ สิริโชคชัยกุล, 2540)

ลักษณะของข้อมูล	ชนิดของแผนภูมิควบคุม	ขนาดตัวอย่างหรือค่าที่วัดแต่ละครั้งที่เหมาะสม	ลักษณะการใช้งาน
สำหรับข้อมูลตัวแปร	X-MR chart	1	ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อเดียวกัน
	Median-R chart	น้อยกว่า 9	ในกับข้อมูลที่ไม่สะดวกในการคำนวณค่าเฉลี่ย
	X-R chart	น้อยกว่า 9	ใช้กับข้อมูลที่สะดวกในการคำนวณค่าเฉลี่ย
		มากกว่า 9	ใช้กับข้อมูลที่ไม่สะดวกในการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สำหรับข้อมูลคุณสมบัติ	X-s chart	มากกว่า 9	ใช้กับข้อมูลที่สะดวกในการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	P chart หรือ nP chart	จำนวนตัวอย่างคงที่	สนใจการควบคุมชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานเสีย/ไม่เป็นตามข้อกำหนด
		จำนวนตัวอย่างไม่คงที่	
	U chart	จำนวนตัวอย่างคงที่	สนใจการควบคุมจำนวนตำหนิหรือจำนวนข้อบกพร่อง
		จำนวนตัวอย่างไม่คงที่	

และอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการ (PCR หรือ Ppk) หรือ ดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการ (Cp, Cpk: Capability index) ซึ่งช่วยในการประเมินความสามารถของกระบวนการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดหรือมาตรฐาน ว่ากระบวนการมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปค่าสมรรถนะกระบวนการขั้นต้นควรมีค่าประมาณ 1.67 (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2541)

เทวินทร์ สิริโชคชัยกุล (2540) กล่าวว่า ถ้าค่าดัชนี Cp และ Cpk ยิ่งมีค่ามากกว่า 1.33 แสดงว่ากระบวนการมีความผันแปรน้อยหรือมีความมั่นคงสูง และถ้าค่าดัชนี Cp กับค่า Cpk ไม่เท่ากัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่อยู่ตรงกลางขอบเขตที่กำหนด

ตารางที่ 2.6 ค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการ (PCR) ของลักษณะกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ (พิชิต สุขเจริญพงษ์, 2535)

ลักษณะกระบวนการ	ข้อกำหนดสองด้าน	ข้อกำหนดด้านเดียว
กระบวนการผลิตที่ดำเนินการอยู่	1.33	1.25
กระบวนการใหม่	1.50	1.45
สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย		
กระบวนการผลิตที่ดำเนินการอยู่	1.50	1.45
กระบวนการใหม่	1.67	1.60

2.7 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ เป็นเครื่องมือหนึ่งในการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า (Mahesh et al., 2005) เป็นวิธีในการประเมินระบบ การออกแบบ หรือกระบวนการผลิต/บริการ โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน ซึ่งพิจารณาความเป็นไปในการเกิดข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์หาข้อขัดข้องที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต (นิพนธ์ ชวนะปราณี, 2543) โดยทำการค้นหาสาเหตุ และผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้นๆ และกำหนดวิธีในการตรวจสอบและบ่งชี้ข้อบกพร่อง ประเมินโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่อง โอกาสเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อบกพร่องนั้น การตรวจพบลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำมาหาค่าความเสียงชี้นำ เพื่อพิจารณาถึงลำดับความสำคัญของปัญหา เพื่อทราบถึงปัญหาที่มีความรุนแรงและผลกระทบมาก สามารถลำดับปฏิบัติการเพื่อจัดการแก้ไขปรับปรุงปัญหาต่างๆ เกิดการวางแผนเพื่อการออกแบบและกระบวนการผลิตอย่างรอบคอบ และมีประสิทธิภาพ

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล (2545) ได้อธิบายความหมายของ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ว่าเป็นเทคนิคหรือกระบวนการเป็นระบบที่สร้างขึ้น เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมในด้านการออกแบบหรือกระบวนการผลิต โดยการชี้บ่งปัญหา หรือข้อบกพร่องใดๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกิจกรรมนั้น ซึ่งพิจารณาถึงคุณลักษณะพิเศษระดับความรุนแรงผลกระทบที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งระบุถึงวิธีการป้องกันปัญหาดังกล่าวและตรวจสอบประสิทธิผลของการป้องกัน

และทั้งนี้ เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. (2540) ได้อธิบายว่า กระบวนการ FMEA ควรเริ่มต้นด้วยการทำแผนภูมิการไหลของกระบวนการ และประเมินผลความเสี่ยงของกระบวนการทั่วไป ซึ่งกระบวนการ FMEA ประกอบด้วยขั้นตอน การบ่งชี้และประเมินผลลัพธ์ที่เกี่ยวเนื่องกับข้อบกพร่องในกระบวนการ การบ่งชี้ถึงสาเหตุข้อบกพร่องในกระบวนการ และตัวแปรของกระบวนการ โดยให้ความสำคัญต่อการควบคุมเพื่อลดการเกิดขึ้นหรือการตรวจพบสภาพข้อบกพร่อง การพัฒนาลำดับข้อบกพร่องและจัดตั้งระบบเบื้องต้นสำหรับพิจารณาปฏิบัติการเชิงแก้ไขโดยในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะได้แก่

1. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ (Design FMEA: DFMEA) เป็นกิจกรรมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อพิจารณาคุณสมบัติของสินค้าได้ตามเป้าหมาย ค่าใช้จ่าย และบรรลุผลิตภาพตามที่ต้องการ (กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล, 2545)

<u>ประโยชน์ของ DFMEA ได้แก่</u>

1) จัดลำดับความสำคัญสำหรับการปรับปรุงการออกแบบ

2) ชี้บ่งคุณลักษณะที่วิกฤติและสำคัญ

3) ช่วยประเมินผลข้อกำหนดการออกแบบและทางเลือก

4) ขจัดข้อห่วงใยด้านความปลอดภัย

5) ทำให้ทราบความล้มเหลวที่เป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์

2. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process FMEA: PFMEA) เป็นกิจกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อพิจารณากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนตลอดจนการควบคุมกระบวนการเพื่อสร้างความมั่นใจว่าสินค้าที่ผลิตอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของสินค้า ดังนั้น PFMEA จึงมีความสัมพันธ์กันระหว่าง ขั้นตอนในแต่ละกระบวนการ และปัจจัยนำออกที่ไม่ยอมรับกระบวนการนั้น โดยพิจารณาถึงสาเหตุของการไม่ยอมรับและดำเนินการควบคุมหรือป้องกันสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าว (กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล, 2545)

ประโยชน์ของ PFMEA ได้แก่

1) ช่วยบ่งชี้ข้อบกพร่องของกระบวนการ และเสนอแผนการปฏิบัติการแก้ไข

2) ชี้บ่งคุณลักษณะที่วิกฤติและสำคัญ และช่วยในการพัฒนาแผนควบคุม

3) ช่วยจัดลำดับความสำคัญของปฏิบัติการแก้ไข

4) ช่วยวิเคราะห์กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการจัดทำ FMEA ได้แก่

1) กำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์

2) ศึกษาลำดับขั้นตอนของกระบวนการหรือการออกแบบ

3) อธิบายลักษณะของงานหรือหน้าที่ของแต่ละขั้นตอน/กระบวนการ

4) ทบทวนหน้าที่หลักและระบุข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

5) ระบุการควบคุมในปัจจุบัน (Detection)

6) ให้คะแนนระดับความรุนแรง (Severity) ความถี่ (Occurrence) ในการเกิดขึ้น และความสามารถในการตรวจจับ

7) คำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ Risk Priority Number (RPN)

$$RPN = S \times O \times D$$

โดยที่

S = ค่าความร้ายแรงของข้อบกพร่อง (Severity)

O = ค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence)

D = ค่าความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่องก่อนส่งถึงมือลูกค้า (Detection)

8) กำหนดสาเหตุข้อบกพร่องที่ต้องแก้ไข จากค่าความเสี่ยงชี้นำ

ส่วนสำคัญในการจัดทำ FMEA ได้แก่ การประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number) ซึ่งได้แก่การระดมสมองเพื่อประเมินเกณฑ์ความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity: Sev) โอกาสที่เป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่องขึ้น (Occurrence: Occ) และการประเมินความสามารถในการควบคุมหรือการตรวจพบข้อบกพร่อง (Detection: Det) ซึ่งเกณฑ์ในการประเมินปัจจัยทั้งสามแสดงดังในตารางที่ 2.7 ถึงตารางที่ 2.11 จากนั้นนำคะแนนจากการประเมินทั้งสามทำการคูณกันเพื่อหาค่าความเสี่ยงชี้นำ เพื่อบ่งชี้ลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง ที่ควรได้รับการแก้ไข

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น

ผล	เกณฑ์ ระดับความรุนแรงของผลต่อผลิตภัณฑ์ (ผลต่อลูกค้า)	คะแนน	ผล	เกณฑ์ระดับความรุนแรงของผลต่อกระบวนการ (ผลต่อการผลิต / ประกอบส่วน)
ไม่สามารถตอบสนองความปลอดภัยและ/ หรือข้อกำหนดทางกฎหมาย	ลักษณะความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นมีผลต่อการขับขี่รถอย่างปลอดภัยและ/ หรือเกี่ยวข้องกับการฝ่าฝืนระเบียบของทางราชการโดยปราศจากการเตือน	10	ไม่สามารถตอบสนองความปลอดภัยและ/หรือข้อกำหนดทางกฎหมาย	อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือประกอบส่วน)โดยไม่ต้องเตือน)
	ลักษณะความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นมีผลต่อการขับขี่รถอย่างปลอดภัยและ/หรือเกี่ยวข้องกับการฝ่าฝืนระเบียบของทางราชการโดยมีการเตือน	9		อาจเป็นอันตรายต่อพนักงาน (เครื่องจักรหรือประกอบส่วน)โดยต้องเตือน
สูญเสียหรือลดหน้าที่หลัก	สูญเสียหน้าที่หลัก (ขับรถไม่ได้แต่ไม่มีผลต่อการขับรถอย่างปลอดภัย)	8	มีอุปสรรคอย่างรุนแรง	ต้องทำลายผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% ไลน์หยุดหรือหยุดส่งมอบ
	สูญเสียหน้าที่หลัก (ขับรถได้แต่ลดระดับสมรรถนะ)	7	มีอุปสรรคมาก	อาจต้องทำลายผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งความเบี่ยงเบนจากกระบวนการหลักจะรวมการลดความเร็วของไลน์ หรือต้องใช้แรงงานมากขึ้น

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (ต่อ)

ผล	เกณฑ์ ระดับความรุนแรงของผลต่อผลิตภัณฑ์ (ผลต่อลูกค้า)	คะแนน	ผล	เกณฑ์ระดับความรุนแรงของผลต่อกระบวนการ (ผลต่อการผลิต / ประกอบส่วน)
สูญเสียหรือลดหน้าที่รอง	สูญเสียหน้าที่รอง (ขับรถได้แต่หน้าที่ ความสะดวก/สบายไม่ได้สมรรถนะ)	6	มีอุปสรรคปานกลาง	อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% ที่นอกไลน์และยอมรับอีกครั้ง
ความรำคาญ	สูยเสียหน้าที่รอง (ขับรถได้ แต่หน้าที่ความสะดวก/สบายทำงานในระดับที่สมรรถนะที่ลดลง)	5	มีอุปสรรคปานกลาง	อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์บางส่วนที่นอกไลน์และยอมรับอีกครั้ง
	รูปภายนอก เสียง ขับรถได้ หรือรายการความไม่สบายที่ผู้ใช้ส่วนมากสังเกตได้ (มากกว่า 75%)	4		อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์ทั้ง 100 % ที่ไลน์และยอมรับอีกครั้ง
ไม่มีผล	รูปภายนอก เสียง ขับรถได้ หรือรายการความไม่สบายที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่สังเกตได้ (50%)	3	มีอุปสรรคน้อย	อาจต้องซ่อมผลิตภัณฑ์บางส่วนที่ไลน์และยอมรับอีกครั้ง
	รูปภายนอก เสียง ขับรถได้ หรือรายการความไม่สบายที่ผู้ใช้ที่ช่างสังเกตจะรู้ได้น้อย	2		ไม่สะดวกเล็กน้อยในกระบวนการปฏิบัติการหรือต่อพนักงาน
	ไม่มีผลที่สังเกตได้	1	ไม่มีผล	ไม่มีผลที่สังเกตได้

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์การประเมินโอกาสที่จะเกิดผลกระทบขึ้น

โอกาสเกิดความล้มเหลว	อัตราการเกิดความเสียหายที่เป็นไปได้	คะแนน
โอกาสสูงมาก : ความเสียหายเกือบจะหลีกเลี่ยงไม่ได้	> 100 ต่อ 1,000 > 1 ใน 10	10
โอกาสสูง : กระบวนการที่คล้ายกับกระบวนการก่อนที่มักจะเสียหายอยู่บ่อยๆ	50 ต่อ 1,000 1 ใน 20	9
	20 ต่อ 1,000 1 ใน 50	8
	10 ต่อ 1,000 1 ใน 100	7
โอกาสปานกลาง : กระบวนการที่คล้ายกับกระบวนการก่อน ซึ่งความเสียหายเกิดขึ้นตามกาลเวลาแต่ไม่เป็นสัดส่วนนัก	2 ต่อ 1,000 1 ใน 500	6
	0.5 ต่อ 1,000 1 ใน 2,000	5
	0.1 ต่อ 1,000 1 ใน 10,000	4
โอกาสต่ำ :ความเสียหายที่แยกแล้วเท่านั้นกับกระบวนการที่ได้จำแนกแล้ว	0.01 ต่อ 1,000 1 ใน 100,000	3
	< 0.001 ต่อ 1,000 1 ใน 1,000,000	2
โอกาสต่ำมาก : ไม่มีความเสียหายกับกระบวนการที่ได้จำแนกแล้ว	ความล้มเหลวถูกตัดออกจากการควบคุมการป้องกัน	1

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่อง

ความสามารถที่จะตรวจพบ	เกณฑ์ : โอกาสที่จะตรวจพบโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน	ความน่าจะเป็น
ไม่มีโอกาสตรวจพบ	ไม่ควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน; ไม่วิเคราะห์หรือตรวจไม่พบ	10	แทบเป็นไปไม่ได้
ไม่น่าจะตรวจพบในแต่ละขั้น	ตรวจไม่พบลักษณะความล้มเหลวและ/ หรือความผิดพลาด (สาเหตุ) ได้โดยง่าย (เช่นสุ่มตรวจกับ)	9	น้อยมาก
ปัญหาที่พบหลังการแปรรูป	พนักงานตรวจพบลักษณะความล้มเหลวหลังการแปรรูปด้วยการใช้สายตา / สัมผัส/ เครื่องเสียง	8	น้อย
ปัญหาที่ตรวจพบในแหล่ง	พนักงานตรวจพบลักษณะความล้มเหลวในสถานีด้วยการใช้สายตา / สัมผัส/ เครื่องเสียงหรือหลังจากแปรรู)โดยใช้เกจคุณสมบัติ (ผ่าน/ ไม่ผ่าน , ตรวจทอร์คด้วยมือ , ประแจคลิกเกอร์ เป็นต้น)	7	ต่ำมาก
ปัญหาที่ตรวจพบหลังการแปรรูป	พนักงานตรวจพบลักษณะความล้มเหลวในสถานีด้วยการใช้เกจ์ผันแปรหรือพนักงานตรวจในสถานีโดยใช้เกจ์คุณสมบัติ (ผ่าน/ ไม่ผ่าน , ตรวจทอร์คด้วยมือ , ประแจคลิกเกอร์ เป็นต้น)	6	ต่ำ
ปัญหาที่ตรวจพบในแหล่ง	พนักงานตรวจหาลักษณะความล้มเหลว หรือความผิดพลาด (สาเหตุ) ในสถานีโดยใช้เกจ์ผันแปรหรือควบคุมอัตโนมัติในสถานีที่จะตรวจหาชิ้นส่วนผิดปรกติและแจ้งพนักงาน (ใช้แสง ออด เป็นต้น) ใช้เกจ์เมื่อตั้งค่าและตรวจชิ้นงานเริ่มแรก (เฉพาะสาเหตุที่ตั้งค่าเท่านั้น)	5	ปานกลาง

ตารางที่ 2.11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการควบคุมข้อบกพร่อง (ต่อ)

ความสามารถที่จะตรวจพบ	เกณฑ์ : โอกาสที่จะตรวจพบโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน	ความน่าจะเป็น
ปัญหาที่ตรวจพบหลังการแปรรูป	ตรวจหาลักษณะความล้มเหลวหลังการแปรรูปด้วยการควบคุมอัตโนมัติ ที่จะตรวจพบชิ้นส่วนผิดปรกติ และ ล็อกชิ้นส่วนเพื่อไม่ให้แปรรูปอีกต่อไป	4	ค่อนข้างสูง
ปัญหาที่ตรวจพบในแหล่ง	ตรวจหาลักษณะความล้มเหลวหลังการแปรรูปด้วยการควบคุมอัตโนมัติ ที่จะตรวจพบชิ้นส่วนผิดปรกติและล็อกชิ้นส่วนโดยอัตโนมัติในสถานีเพื่อไม่ให้แปรรูปอีกต่อไป	3	สูง
ตรวจหาความผิดพลาดและ/หรือป้องกันปัญหา	ตรวจหาความผิดพลาด (สาเหตุ) ในสถานีด้วยการควบคุมอัตโนมัติ ที่จะตรวจพบความผิดพลาดและไม่ให้ทำชิ้นส่วนที่ผิดพลาด	2	สูงมาก
ตรวจหาไม่ได้, ป้องกันความล้มเหลว	ป้องกันความผิดพลาด (สาเหตุ) จากผลของการออกแบบตัวยึดออกแบบเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนผิดปรกติเพราะรายการนั้นถูกป้องกันไว้โดยการออกแบบกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์	1	ค่อนข้างแน่นอน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 ศึกษาผลงานวิจัยเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการปรับปรุงเพื่อลดของเสีย

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋องโดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง ซึ่งใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ อันประกอบด้วยหลักการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve) การควบคุมตัวแปรต่างๆ (Control) ทั้งนี้จากการดำเนินงานวิจัยซึ่งได้แก่ การสำรวจปัญหา และหาระดับความรุนแรงด้วยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) และการแก้ไขควบคุมปัญหาด้วยการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ จากผลการวิจัยพบว่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตลดลง

ธีรพร เสนพรหม. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียจากข้อตำหนิประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาชนิดบางพิเศษ โดยใช้ขั้นตอนตามระยะของซิกซ์ ซิกมา 5 ขั้นตอนคือ 1.นิยามปัญหา (Define Phase) 2.การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) 3.การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) 4.การปรับปรุงการแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) 5.การติดตามควบคุม (Control Phase) ซึ่งผลจากการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของแม่แบบเสียลดลงจาก 0.25% หรือ 2512 PPM เหลือ 0.083% หรือ 826 PPM เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของแม่แบบเสียก่อนการปรับปรุง โดยระดับซิกซ์ ซิกมาของกระบวนการได้ปรับปรุงจาก 4.31 เป็น 4.65

จากผลของงานวิจัยทั้งสอง (อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว, 2545 และ ธีรพร เสนพรหม, 2550) นำมาศึกษาถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย การวิเคราะห์ปัญหา การลำดับขั้นตอนการแก้ไขปัญหาโดยการใช้แนวความคิดซิกซ์ ซิกมา ที่มี 5 ขั้นตอน คือ 1.นิยามปัญหา (Define Phase) 2.การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) 3.การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) 4.การปรับปรุงการแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) 5.การติดตามควบคุม (Control Phase) เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขให้กระบวนการผลิตมีของเสียลดน้องลง

2.8.2 ศึกษาผลงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์ โดยเทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA เพื่อปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งผลจากการดำเนินงานพบว่ามีสัดส่วนของเสียหลังการปรับปรุงลดลง

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของยางรถยนต์ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Process FMEA) เพื่อวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ ซึ่งทำการแก้ไขปัญหาที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป ซึ่งจากการดำเนินการแก้ไขพบว่าจำนวนของเสียลดลง นอกจากนี้ในการดำเนินงานวิจัยยังได้มีการจัดทำแผนควบคุม เพื่อควบคุมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและป้องกันข้อบกพร่องไม่ให้เกิดขึ้นอีก

นิพนธ์ ชวนะปราณี. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการออกแบบและผลิตสายไฟฟ้าประเภททนไฟ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA เพื่อปรับปรุงแก้ไขและควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการออกแบบและการผลิต โดยเน้นการวิเคราะห์ที่ส่งผลต่อคุณภาพเป็นหลัก ซึ่งพิจารณาจากตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ ผลจากการ ดำเนินงานวิจัย พบว่าคะแนนค่าความเสี่ยงชี้นำมีค่าลดลงมาก และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า รวมถึงมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าต้นทุนขณะก่อนการปรับปรุง

วิทย์ วรรณวิจิตร. การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนปรับปรุง

กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ QC 7 tools เทคนิค เข้ามาใช้ในการปรับปรุงซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อ และคำสั่งผลิตจากลูกค้า การผลิตแม่พิมพ์ ตลอดจนถึงการใช้งานแม่พิมพ์ ผลจากการแก้ไขปรับปรุงพบว่า ค่าดัชนีที่แสดงความผิดพลาดของของกระบวนการภายหลังจากได้รับการปรับปรุงมีค่าลดลง เมื่อเทียบกับก่อนทำการปรับปรุง

จากผลของงานวิจัยทั้งสี่ (กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล, 2545 เฉลิมพล ลีลาผาติกุล, 2540 นิพนธ์ ชวนะปราณี, 2543 และวิทย์ วรรณวิจิตร, 2547) สามารถนำมาประยุกต์ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การศึกษาถึงขั้นตอนในการจำแนกและวิเคราะห์ปัญหา การระดมสมองเพื่อการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (Fault Tree Analysis: FTA) การหาสาเหตุของปัญหาขั้นตอนและการประเมินผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ลักษณะการกำหนดแผนงานในการแก้ปัญหา การเปรียบเทียบคะแนนค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN)

2.8.3 ศึกษาผลงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

สมพงษ์ เข็มทองวงศา. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยการใช้วิธีการตรวจวินิจฉัยองค์กร: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2542 การดำเนินงานวิจัยนี้มีวัตถีประสงค์เพื่อจัดทำและพัฒนาระบบปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้การตรวจวินิจฉัยองค์กร กรณีศึกษาในโรงงานผลิตกระป๋อง ซึ่งประยุกต์ใช้กับระบบบริหาร การศึกษา/การฝึกอบรม ระบบมาตรฐาน การวางแผนและการบำรุงรักษา ซึ่งจากการตรวจวินิจฉัยองค์กร และการวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ทำให้สามารถกำหนดค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าและคุณภาพการผลิต ซึ่งได้นำเทคนิคการควบคุมทางสถิติเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงค่าดัชนีเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และทำให้เกิดการสร้างวัฒนธรรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องขององค์กร

สิริมา อินทวงศ์. การปรับสมรรถนะกระบวนการผลิต โดยอาศัยโครงสร้างรางวัลคุณภาพแห่งชาติ : กรณีศึกษาโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทแผงวงจรรวมไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการปรับปรุงสมรรถนะกระบวนการผลิตในโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทวงจรรวมไฟฟ้า โดยอาศัยโครงสร้างรางวัลคุณภาพทางด้านการจัดการกระบวนการ และผลลัพธ์ทางธุรกิจ โดยนำเครื่องมือทางด้านคุณภาพและสถิติเข้ามาประยุกต์ใช้

ทำให้มีข้อร้องเรียนด้านคุณภาพจากลูกค้าลดลง มีค่า ดัชนีวัดสมรรถนะ (Cpk) ที่ดีขึ้น และเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

จากผลของงานวิจัย (สมพงษ์ เข็มทองวงศา, 2542 และสิริมา อินทวงศ์, 2546) นำมาศึกษาขั้นตอนและการประยุกต์ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพและลดความสูญเสียในองค์กร การประเมินลักษณะความสำคัญของปัญหาโดยการตรวจวินิจฉัยองค์กร ลักษณะการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control: SPC) การศึกษาเครื่องมือวัด (Gauge Repeatability and Reproducibility study: GR&R study) ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ลักษณะการปรับปรุง และการลดเวลาภาระงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

2.8.4 ศึกษาผลงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมคุณภาพ

ธนะศักดิ์ ทุเรียน. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพ กรณีศึกษา โรงงานผลิตชิ้นส่วนยาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพซึ่งได้นำระบบบริหารคุณภาพ ISO 9000 เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ การจัดตั้งระบบคุณภาพ การวิเคราะห์ผล เทคนิคการวิเคราะห์ความล้มเหลว การนำเครื่องมือทางควบคุมคุณภาพทั้ง 7 มาประยุกต์ใช้ (QC 7 TOOLS) เพื่อควบคุมคุณภาพในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งผลจากการประยุกต์ใช้ และพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพทำให้สัดส่วนของเสียและข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลงอย่างมาก รวมถึงมีระบบควบคุมคุณภาพเกิดขึ้นภายในองค์กร และมีมาตรฐานการปฏิบัติงาน

ธนา รัตนเวทวงศ์. การประยุกต์ระบบควบคุมคุณภาพสำหรับโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากโลหะแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544. วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้ เพื่อศึกษาและเสนอระบบควบคุมคุณภาพในโรงงานสำหรับผลิต ผลิตภัณฑ์จากโลหะแผ่น มีการประยุกต์ใช้เพื่อสามารถวัด วิเคราะห์ ปรับปรุงประสิทธิภาพ มีการเพิ่มโครงสร้างองค์กรด้านการประกันคุณภาพจัดทำรายละเอียดและกำหนดหน้าที่งาน มีการสร้างระบบควบคุมคุณภาพ คู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงาน คู่มือวิธีปฏิบัติงาน รวมถึงการจัดทำแผนคุณภาพ ซึ่งจากการดำเนินงานพบว่าสัดส่วนของเสียและข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลง

สุวิทย์ บุญชูจรัส. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539. วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ โดยใช้โรงงานประกอบรถยนต์เป็นกรณีศึกษาโดยโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษายังขาดระบบควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการดำเนินงานวิจัย สามารถพัฒนาระบบการตรวจสอบวัสดุนำเข้าก่อนใช้งาน การพัฒนาการตรวจสอบและควบคุมในกระบวนการผลิต มีการจัดทำผังการควบคุม มีความชัดเจนในการทำงาน การควบคุมและการสอบกลับเพื่อประเมินผล มีการพัฒนาการตรวจสอบคุณภาพผลผลิต ทำให้คุณภาพของผลผลิตมีความสม่ำเสมอ อัตราส่วนข้อบกพร่องมีแนวโน้มลดลง

จากผลของงานวิจัยทั้งสามนี้ (ธนะศักดิ์ ทุเรียน, 2543 ธนา รัตนเวทวงศ์, 2544 และสุวิทย์ บุญชูจรัส, 2539) นำมาศึกษาและประยุกต์ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การประยุกต์ใช้เครื่องมือการควบคุมคุณภาพทั้ง 7 (QC 7 Tools) ขั้นตอนการดำเนินงานจัดทำแผนควบคุม และการปรับปรุงแก้ไขด้านต่างๆ ซึ่งทำให้ความสูญเสียในกระบวนการผลิตลดลง